

**ANALISA KEKUATAN PADA SAMBUNGAN LAS BAJA ST 37 DENGAN  
PENGELASAN SMAW DI DALAM AIR TAWAR, AIR LAUT DAN DI  
DARAT**



**Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Disusun Oleh :**

**TOMMY PRASETYAWAN**

**D 200 130 225**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2016**

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

### **ANALISA KEKUATAN PADA SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN PENGELASAN DI DALAM AIR TAWAR , AIR LAUT DAN DI DARAT**

Oleh :

**Tommy Prasetyawan**

**D200 130 225**

Telah diperiksa dan Disetujui oleh

Dosen Pembimbing



Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D

NIK/NIDN : 0617067602

Dosen Pendamping



Agus Yulianto, ST, MT

NIK/NIDN :

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISA KEKUATAN PADA SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN PENGELASAN DI DALAM AIR TAWAR , AIR LAUT DAN DI DARAT

OLEH

TOMMY PRASETYAWAN

D200 130 225

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Jurusan Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada Hari Senin, 14 November 2016

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Agus Yulianto, ST, MT

(Anggota I Dewan Penguji)

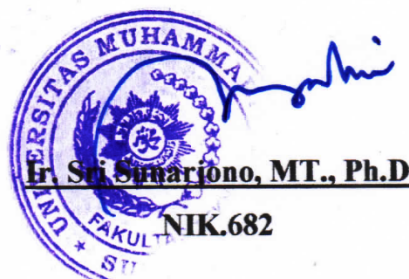
(.....)

3. Ir. Ngafwan, MT

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan

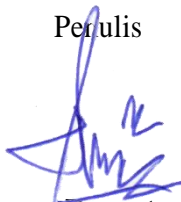


## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacudalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila kelak terbukti ada ketidak enaran dalam pemyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 28 desember 2016

Perulis



Tommy Prasetyawan

# **ANALISA KEKUATAN PADA SAMBUNGAN LAS BAJA ST 37 DENGAN PENGELASAN SMAW DI DALAM AIR TAWAR , AIR LAUT DAN DI DARAT**

## **Abstrak**

Lingkup penggunaan teknik pengelasan modern meliputi perkapalan, konstruksi anjungan minyak lepas pantai , pipa-pipa penyalur gas alam, *pressure vessel*, dan lain sebagainya. Konstruksi baja anjungan minyak lepas pantai harus bias bertahan lebih dari 25 tahun Selama itu kontruksi anjungan minyak kadang mengalami kejadian yang tidak terduga, yang mengharuskan untuk diperbaiki. Pengelasan dalam air dipilih dari sekian banyak cara perbaikan di karenakan teknik perbaikan gampang dilakukan dan biaya yang murah, maka dari itu teknik perbaikan ini meningkat penggunaannya sehingga banyak penelitian tentang pengelasan dalam air mengenai kualitas sambungan las pengelasan bawah air dan kekuatan sambungan las. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, dan analisa foto mikro dan makro dari sambungan las baja ST 37 yang di las di dalam air tawar, air laut, dan di darat. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sambungan las Baja ST 37 yang di las didalam air laut mempunyai tegangan Tarik maksimum paling tinggi yaitu sebesar 373,13 MPa dengan regangan 15,99%, dan paling rendah pengelasan di dalam air tawar sebesar 323,56 MPa dengan regangan 15.06 %. Nilai kekerasan paling tinggi pada pengelasan air tawar 253,4 VHN, paling rendah pada pengelasan darat sebesar 184,3 VHN hal ini di dukung dengan analisa foto mikro pada pengelasan air tawar struktur mikro lebih kecil dari pada pengelasan darat.

**Kata kunci : Pengelasan, Pengelasan bawah air, Baja ST 37.**

## **Abstract**

The scope of use modern welding techniques are in ship building, construction of offshore oil rigs, pipelines channeling of natural gas, pressure vessel, and etc. Steel construction of offshore oil rigs should be able to stand more than 25 years. Sometimes, the construction oil platform have unexpected damage, which has required to be repaired. Underwater welding was selected from many repairing technique because of the easier process and low cost investment. Therefore, the methods were developed rapidly and many researchers included in the improvement of underwater welding strength and weld joint quality. The objective of the study are to determine the tensile strength, hardness, and micro structure of underwater welding. The material used in the study was ST 37 steel. The welding process were performed in underwater of fresh water, sea water and on the ground. The result of this study was shown the highest tensile strength of 373,13 MPa. It was delivered by the welding process under sea water. The strain value was 15,99 %. The underwater welding of fresh water given the lowest tensile strength of 323,56 MPa with the strain of 15,06 %. Hardness test of weld zone of under fresh water welding was given the highest hardness of 253,4 VHN . while the lowest hardness was got from the ground welding process in the value of 184,3VHN. The result were supported by the views of weld zone photo micro. It was seen smaller grain size of under of under fresh water welding compared to the ground welding specimen.

**Keywords : Welding, Underwater Welding, ST 37 Steel.**

## **1. PENDAHULUAN**

Pada akhir abad ke-19 teknik pengelasan mulai berkembang dengan pesat. Hal ini disebabkan karena ditemukannya cara penggunaan tenaga listrik sebagai sumber panas dalam pengelasan..

Sehingga pada saat ini hampir semua penyambungan logam untuk segala macam konstruksi dapat dilakukan dengan menggunakan proses pengelasan. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, bangunan *super tanker*, pipa-pipa penyalur gas alam, *pressure vessel*, anjungan minyak lepas pantai, dan lain sebagainya (Haryadi, 2007) .

Konstruksi baja anjungan minyak lepas pantai harus bisa bertahan lebih dari 25 tahun (Sadeghi,2007), Selama itu konstruksi anjungan minyak membutuhkan perbaikan dari Korosi ,Kegagalan konstruksi ,Kesalahan saat perakitan Konstruksi, Desain yang salah (Fydrych, Rogalski, & Łabanowski, 2014)

Pengelasan dalam air (*underwater wet welding*) dipilih dari sekian banyak cara perbaikan di karenakan teknik perbaikan ini relative gampang dilakukan dan peralatan yang digunakan sedikit di banding teknik yang lain, secara tidak langsung mempengaruhi biaya perbaikan dan waktu operasi sehingga teknik perbaikan pengelasan bawah air (*Underwater wet welding*) meningkat penggunaannya (Rowe,2002). Kekuatan sambungan las menjadi sangat penting peranya dalam perbaikan menggunakan teknik pengelasan bawah air, ini di buktikan meningkatnya penelitian tentang kekuatan sambungan las pada pengelasan bawah air (Chen, Kitane, & Itoh, 2013; Haryadi, 2007; Supriadi, 2009)

(Supriadi, 2009), Dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pengelasan baja ST 42 dibawah air dengan metode *wet underwater SMAW Welding* dan di darat menunjukkan perbedaan dari pengujian tarik. Pada pengelasan bawah air kekuatan maksimum sambungan baja ST 42 sebesar  $\sigma_{ult} = 590,22 \text{ N/mm}^2$ . Hal ini disebabkan karena pada pengelasan dibawah air laut unsur paduan didalam bahan tersebut persenyawaanya tidak besar terhadap unsur yang lain, namun keuletanya rendah ( $\epsilon = 1,6 \%$ ). Sedangkan yang pengelasan di darat mempunyai kekuatan maksimum  $\sigma_{ult} = 438,12 \text{ N/mm}^2$  dengan keuletan yang lebih besar ( $\epsilon = 3,9 \%$ ). Pada pengujian kekerasan, didapat bahwa pengelasan dibawah air lebih keras dibanding pengelasan di darat yaitu sebesar 200, 1 VHN dan 184,3 VHN hal ini di sebabkan ada unsur penguat yaitu air garam (NaCl). Pengaruh proses pengelasan di laut menghasilkan regangan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan pengelasan di darat jadi proses pengelasan dilaut menghasilkan sambungan las yang getas.

(Haryadi, 2007), Dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa Pengujian kekuatan tarik pada hasil lasan pengelasan air tawar merupakan nilai terendah yaitu 29,17 kg/mm<sup>2</sup> dan nilai tertinggi dihasilkan pada pengelasan air laut yaitu 45,45 kg/mm<sup>2</sup>. Untuk tegangan dan regangan bahwa pengelasan pada air laut lebih ulet dibanding dengan pengelasan pada air tawar akan tetapi kekerasan pada pengelasan air tawar lebih besar dibandingkan dengan pengelasan pada air laut, nilai kekerasanya 224,9 VHN untuk pengelasan pada air tawar dan 225,5 VHN untuk pengelasan pada air laut.

(Chen et al., 2013), Dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa pengelasan dibawah air mempunyai kekuatan yang lebih besar tapi keuletannya lebih rendah pada pengelasan di darat. Peningkatan kekuatan bervariasi dari 6.9% sampai 41% tergantung pada baja yang akan di las. Ketika orientasi pengelasannya di ganti yang semula melintang menjadi ber orientasi memanjang dan kekuatan meningkat mendekati dua kali lipat 23,7% sampai 41,0% pada baja SY 295, menjadi tiga kali lipat dari 6,9% sampai 21,3% pada baja STK 400 dan tidak berubah pada baja SYW 295. Kekerasan pengelasan bawah air lebih keras dengan skala HAZ daripada pengelasan di darat, dikhususkan untuk plat yang digunakan untuk memperbaiki tiang penyangga platform.

(Fydrych et al., 2014), Dalam Penelitiannya mengungkapkan sambungan baja S355J2G3 dan S500M, yang di buat di bawah air dengan di kondisikan menahan suatu beban menunjukan kerentanan untuk menjadi retakan pada sambungan. Kekerasan maksimum dalam HAZ (*Heat affected zone*) dari sambungan baja S500M tidak lebih dari 300HV, dan pada sambungan baja S355J2G3 melebihi 400VHN. Ternyata teknik TBW(*Temper Bead Welding*) efektif untuk menyambung baja berkekuatan tinggi dengan proses *Underwater Wet Welding*, hasil pengaplikasian teknik TBW terbukti dalam menurunnya kekerasan maksimum sambungan baja S355J2G3 yaitu dibawah 350 HV

Tujuan dari penelitian ini adalah agar dapat mengetahui lebih jelas mengenai kekuatan sambungan las yang di las di dalam air laut, di dalam air tawar, dan di darat. Sambungan las akan di uji tarik untuk mengetahui kekuatan tariknya, di uji kekerasan untuk mengetahui kekerasannya, dan foto makro dan mikro untuk mengetahui cacat pengelasan dan bentuk struktur mikronya.

Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* adalah proses pengelasan dimana sebuah elektroda berlapis kandungan *carbon*, digunakan untuk mengelas atau menggabungkan suatu material logam baja. Komposisi elektroda terdiri dari logam inti dan fluks pelindung (Prihatmaja, 2016). Busur listrik terbentuk di antara logam induk dan ujung elektroda karena adanya hubungan arus listrik. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama. Busur Pengelasan SMAW ditimbulkan dengan menggunakan listrik arus bolak balik (*Alternative current*) AC atau listrik arus searah (*direct current*) DC tetapi listrik DC lebih banyak dipergunakan. Besarnya arus las yang diperlukan bisa disesuaikan pada jenis elektroda tersebut, garis tengah elektroda dan posisi pengelasan pada tabel 1 merupakan acuan dari AWS A5.1 untuk elektroda E6013 untuk pengelasan baja yang tegangan tarik maksimumnya dibawah 600 MPa. Beberapa kasus besarnya arus di sesuaikan dengan posisi pengelasan dan ketebalan plat.

Tabel 1 Arus listrik pengelasan E6013 (AWS A5.1/A5.1M:2004)

Ø (mm)	1.6	2.0	2.6	3.2	4.0	5.0
MIN	20	30	60	80	120	160
MAX	40	80	110	140	190	230

Pengelasan bawah air (*Underwater welding*) merupakan salah satu teknik pengelasan yang di khususkan untuk perbaikan atau pengelasan yang berada di dalam air. Teknik pengelasan ini mempunyai 2 jenis pengelasan yaitu pengelasan basah (*underwater wet welding*) dan Pengelasan kering (*underwater dry welding*). *Underwater wet welding* ialah pengelasan dimana busur las berhubungan langsung dengan air. Pengelasan basah dilakukan langsung pada lingkungan yang basah dengan menggunakan elektroda khusus dan pengelasan dilakukan manual seperti pengelasan umumnya, dalam arti bahwa elektroda dan benda kerja berhubungan langsung dengan air. Gerakan lebih bebas sehingga metode pengelasan ini lebih efektif, efisien, dan ekonomis. Arus yang digunakan adalah DC. Arus AC tidak digunakan dengan pertimbangan keamanan dan kesulitan dalam mempertahankan busur cahaya di bawah air. Pada waktu terjadi hubungan antara elektroda las dengan benda kerja, terjadi gelembung gas di sekitar kawah las (*weld pool*) sebagai hasil dari terbakarnya bahan fluks. Dalam kasus ini seolah seolah terjadi mini *hyperbaric welding* process yang memungkinkan terjadinya busur listrik yang sempurna. Namun tidak lama kemudian, gelembung gas ini membesar dan mengambang naik meninggalkan kawah las. Sebagai akibatnya busur listrik akan padam karena air masuk kedalam kawah las. Untuk memulainya kembali harus dilakukan penghubungan kembali dan demikian seterusnya. *Underwater Dry Welding* ialah Proses pengelasan di dalam air dengan menggunakan ruang khusus (*dry chamber*) untuk pengelasannya. Pengelasan kering memberikan hasil sambungan yang baik tetapi biaya tinggi karena harus menyediakan ruang kedap air

## 2. METODE PENELITIAN

Kekuatan sambungan las sangat penting perannya dalam teknik perbaikan menggunakan pengelasan bawah air dalam penelitian ini inti masalah terfokuskan pada bagaimana membandingkan kekuatan pengelasan di dalam air laut, di dalam air tawar dan di darat serta membandingkan kekerasan dan struktur mikronya. Penelitian ini tidak lepas dari permasalahan permasalahan lain, maka dari itu pada peneliti ini mempunyai batasan masalah agar penelitian ini terfokuskan pada permasalahan yang ingin di selesaikan, batasan masalah itu antara lain :

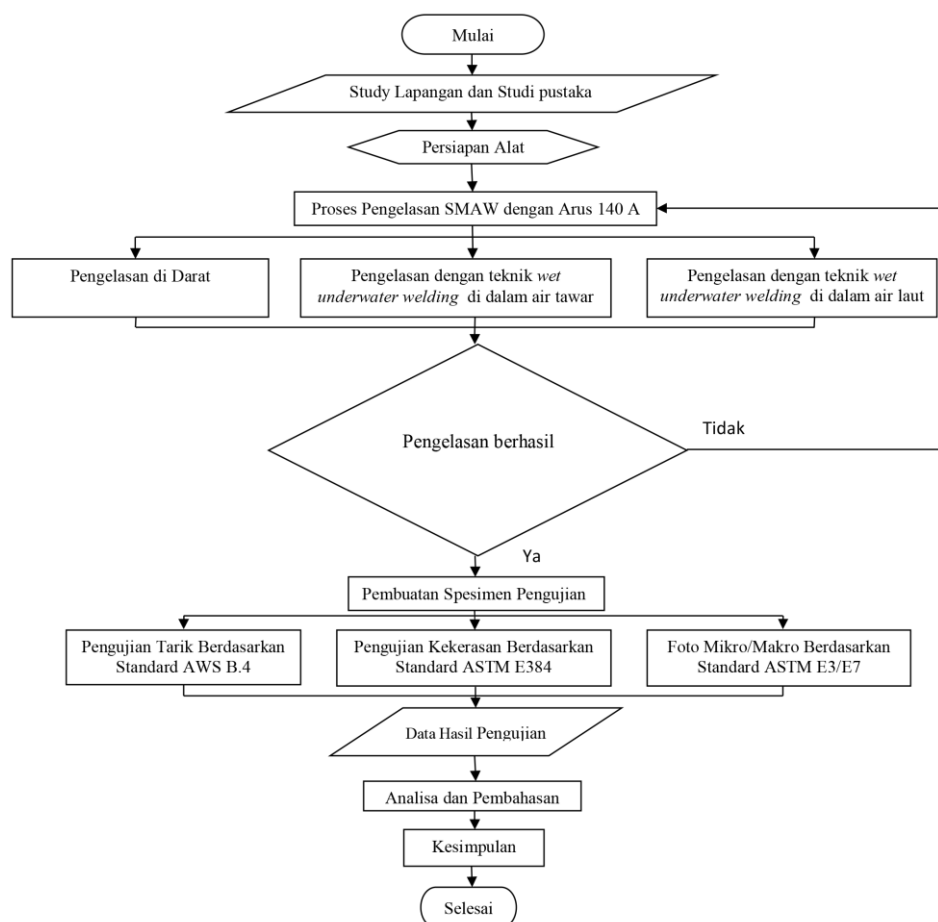
- Pengelasan dibawah air menggunakan teknik SMAW (*shielded metal arc welding*) *underwater wet welding* dengan elektroda AWS E6013 diameter 3,2 mm dilapisi selotip.
- Pengelasan di dalam air di lakukan di kedalaman 0.15 m.



- Travel speed pada pengelasan di dalam air kurang lebih 2,08 mm/detik dan di darat 4,16 mm/detik.
- Air laut yang digunakan berasal dari toko ikan hias.
- Temperature air sebagai media pengelasan diabaikan.
- Ampere listrik yang digunakan 140 Ampere.
- Pengelasan dilakukan oleh orang biasa dengan jenis sambungan las *single butt weld*.
- Ketebalan plat uji 5 mm

Pengujian kekuatan sambungan las sangat penting. Mengingat permasalahan utama dalam penelitian ini adalah membandingkan kekuatan Tarik dari pengelasan yang di las di dalam air tawar, di dalam air laut, dan di darat untuk itu penelitian ini menggunakan acuan standard AWS B.4 yang khusus digunakan untuk pengujian kekuatan Tarik sambungan las. Pengujian kekerasan pada sambunngan las menggunakan standard ASTM E 10. Analisa Foto mikro menggunakan acuan standar ASTM E 3

Tahapan penelitian ini bisa dilihat pada gambar 1 :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

- Bahan :

1. Baja ST 37
2. Elektroda 6013 Rd 26
3. Selotip / Pita perekat
4. Air Tawar
5. Air asin

- Alat Pengelasan :

1. Mesin las daiden MMA 220 HD
2. Gerinda Potong
3. Gerinda Tangan
4. Jangka sorong
5. Meteran
6. Penempat benda kerja
7. Stopwatch
8. Bak air.
9. Sarung tangan

- Alat Pengujian :

1. Mesin uji tarik SANS.
2. Mesin uji kekerasan merk Highwood HWMMT-X7.
3. Mikroskop merk Olympus untuk foto makro dan merk Euromex Holland untuk fotomikro.

a. Studi Lapangan Studi Pustaka

Mencari referensi buku-buku maupun jurnal-jurnal yang berkaitan dengan penelitian serta mempelajari dan memahaminya. Melakukan studi lapangan berupa observasi ketempat yang di anggap berkaitan dengan penelitian.

b. Persiapan Alat

Tahap tahap persiapanya antara lain :

- Mengisi bak air dengan air tawar atau dengan air laut tergantung pada proses pengelasan jika , pengelasan air tawar di isi dengan air tawar jika pengelasan air laut di isi dengan air laut,
- Tempatkan penempat benda kerja didalam bak air untuk pengelasan didalam air, untuk pengelasan darat tempatkan bendakerja di permukaan tanah yang datar
- Mengisolasi elektroda dengan selotip dan Menempatkan spesiment pada penempat benda kerja.

c. Proses pengelasan

Melaksanakan proses pengelasan dengan parameter yang sudah ditentukan, yaitu :

Tabel 2 Parameter Pengelasan

No	Parameter	
1	Material Tempat Pengelasan Cara Pengelasan <i>Travel Speed</i>	ST 37 Darat SMAW 4,16 mm/sec toleransi 0,15 mm/sec
2	Material Tempat Pengelasan Cara Pengelasan <i>Travel Speed</i>	ST 37 Di dalam air tawar <i>Underwater Wet SMAW</i> 2,08 mm/sec toleransi 0,15 mm/sec

3	Material Tempat Pengelasan Cara Pengelasan <i>Travel Speed</i>	ST 37 Di dalam air laut <i>Underwater Wet SMAW</i> 2,08 mm/sec toleransi 0,15 mm/sec
---	---	---

Setelah proses pengelasan selesai maka dicek secara visual terlebih dahulu hasil pengelasannya, apakah sambungan yang dihasilkan baik atau tidak dan cocok dengan parameter *travel speed* atau tidak,

d. Pembuatan spesimen pengujian

Hasil pengelasan dibuat spesimen dengan bentuk sesuai standar yang digunakan, yaitu :  
ASTM E8M untuk pengujian tarik.

ASTM E384 untuk pengujian kekerasan.

ASTM E3 untuk pengujian struktur mikro.

e. Pengujian Spesimen

Pengujian dilakukan dengan standar yang sudah ditentukan dengan jumlah pengujian sebagai berikut :

Tabel 3 Jumlah Spesimen Pengujian

No	Material	Tempat Pengelasan	Uji Tarik	Uji Kekerasan	Fotomikro	Fotomakro
1	ST 37	Darat	3	1	1	1
2	ST 37	Air tawar	3	1	1	1
3	ST 37	Air Laut	3	1	1	1
<b>Total</b>			9	3	3	3

f. Data Hasil Pengujian

Hasil data pengujian merupakan hasil mentah berupa angka, grafik dan gambar seperti pada pengujian kekerasan yang di dapat hanyalah angka angka kekerasan yang selanjutnya akan di proses di masukan ke dalam tabel dan dibuat grafik dari data tersebut, sehingga nilai nilai kekerasan lebih jelas terlihat naik ataukah turun.

g. Analisa Dan Pembahasan

Tahap ini merupakan tahap dimana data dari pengujian yang sebelumnya di proses menjadi bentuk grafik, angka rata rata, dan gambar – gambar di analisa dan di bahas.

h. Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan yang sudah dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan awal penelitian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengelasan

Hasil pengelasan dianalisa visual terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian, berikut hasil yang didapat :

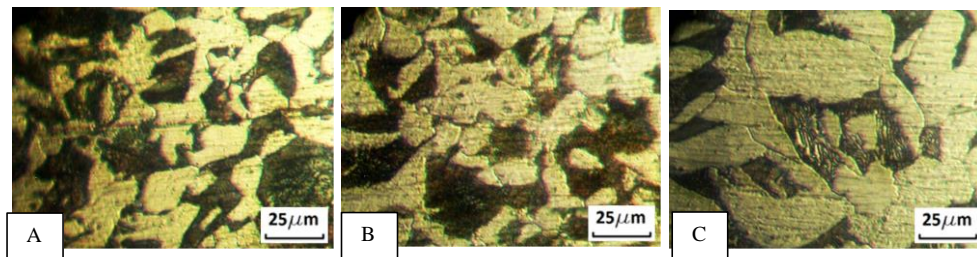
Tabel 4 Hasil Pengelasan *Shielded metal arc welding* di tempat yang berbeda

	Pengelasan di darat	
	Parameter :	Hasil pengelasan:
	1 - Arus listrik : 140 Ampere - Travel speed : 4.16 mm/ sec dengan toleransi 0.1 mm/sec	- bentuk manik las runcing - lebar manik las dari awal sampai akhir seragam - manik las lurus - Terdapat retakan di beberapa spesimen
	Pengelasan di dalam air tawar	
	Parameter :	Hasil pengelasan:
	2 - Arus listrik : 140 Ampere - Travel speed : 2.08 mm/ sec dengan toleransi 0.1 mm/sec	- bentuk manik las runcing - lebar manik las dari awal sampai akhir tidak seragam - beberapa spesimen manik las tidak lurus
	Pengelasan di dalam air laut	
	Parameter :	Hasil pengelasan:
	3 - Arus listrik : 140 Ampere - Travel speed : 2.08 mm/ sec dengan toleransi 0.1 mm/sec	- bentuk manik las runcing - lebar manik las dari awal sampai akhir tidak seragam - beberapa spesimen manik las tidak lurus

Pengelasan di darat dengan parameter Arus listrik 140 ampere dan travel speed 4,16 mm/ sec dengan toleransi 0,15 mm / sec menghasilkan pengelasan yang cukup baik. Manik las pada hasil pengelasan berbentuk runcing dan lebar manik las dari awal pengelasan sampai akhir seragam. Hal ini disebabkan oleh travel speed yang jika di tinjau dari manik las termasuk travel speed yang cepat dan tidak terdapat crack di beberapa spesimen. Pengelasan di dalam air tawar dan air laut dengan parameter Arus listrik 140 ampere dan travel speed 2.08 mm/ sec dengan toleransi 0,15 mm/sec menghasilkan pengelasan yang kurang baik di beberapa spesimen.

### 3.2 Struktur Mikro

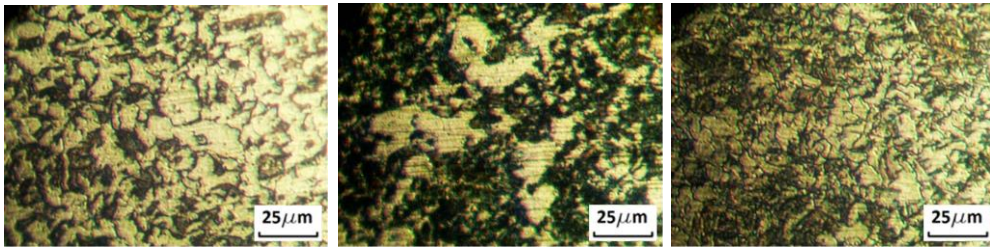
#### *Base Metal*



Gambar 2 Base metal a) Pengelasan Darat b) Pengelasan Tawar c) Pengelasan Laut

*Base metal* adalah daerah yang tidak terpengaruh pengelasan. Pada daerah *base metal* terlihat butiran-butiran berbentuk pipih, hal ini dikarenakan proses pembentukan dengan menggunakan proses roll.

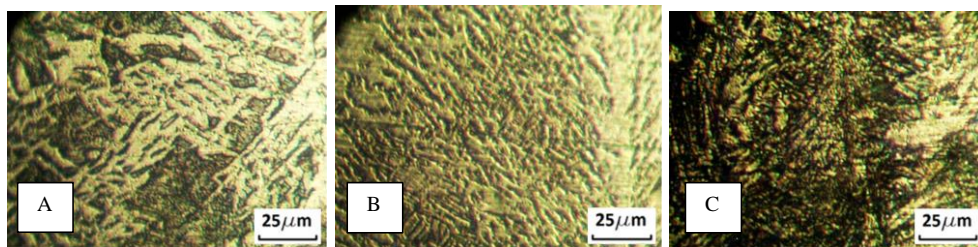
### ***Haz***



Gambar 3 *HAZ* a) Pengelasan Darat b) Pengelasan Tawar c) Pengelasan Laut

Daerah HAZ adalah daerah yang mengalami siklus termal tetapi tidak mengalami deformasi plastis. Pada daerah ini juga terjadi perubahan struktur mikro, perubahan ini bisa dilihat pada struktur mikro base metal yang mempunyai butiran lebih besar dibanding HAZ, ini menunjukkan bahwa pada daerah HAZ lebih keras dibanding base metal. Pengelasan di dalam air tawar menunjukkan struktur mikro yang kasar dibanding dengan pengelasan di darat, dan di bawah air laut, sehingga kekerasan pada daerah HAZ yang di las di dalam air tawar mempunyai nilai kekerasan tertinggi.

### ***Weld Metal***

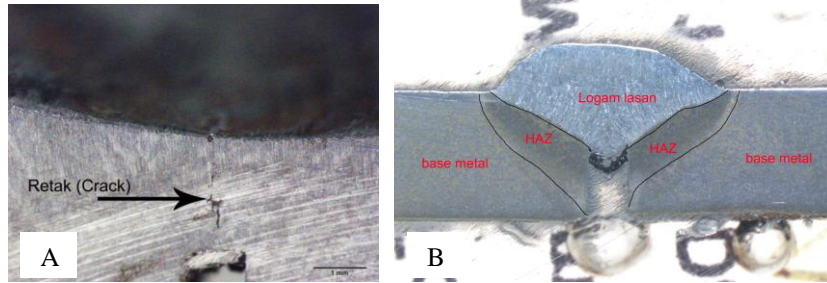


Gambar 4 *Weld metal* a) Pengelasan Darat b) Pengelasan Laut c) Pengelasan Tawar

Daerah *weld metal* pengelasan di dalam air tawar mempunyai struktur mikro paling halus dibanding pengelasan di darat dan pengelasan air laut, maka dari itu pengelasan air tawar lebih keras dibanding pengelasan darat dan pengelasan di bawah air laut. Pengelasan di darat mempunyai struktur mikro lebih besar dari pada pengelasan di dalam air laut, oleh sebab itu kekerasan logam lasan yang di las di darat mempunyai kekerasan paling lunak.

## **3.3 Struktur Makro**

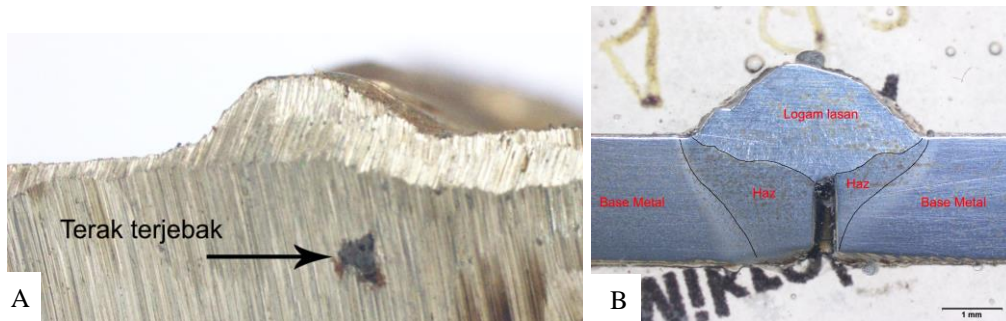
### **Pengelasan darat**



Gambar 5 a) Cacat pengelasan pengelasan di darat b) daerah pengelasan di darat

Gambar 5 Menunjukkan daerah HAZ, Logam Lasan, Base Metal dan cacat pengelasan, pada pengelasan di darat. Cacat pengelasan seperti ditunjukkan gambar 5 dinamakan retakan las atau *Cracking* yang mana *Cracking* ada di beberapa spesimen yang tidak diujikan tarik dan beberapa terjadi pada pengelasan darat dengan letak di akhir lasan menurut. Kou, (2003) *Solidification Cracking* terjadi pada area logam las yang terakhir terjadi pembekuan. *Solidification Cracking* terjadi dikarenakan unsur kimia yang terkandung dalam baja tersebut yaitu Sulfur, Phospor dan rasio Mn(Mangan) : P(Phospor), selain itu juga dipengaruhi pencekaman benda kerja.

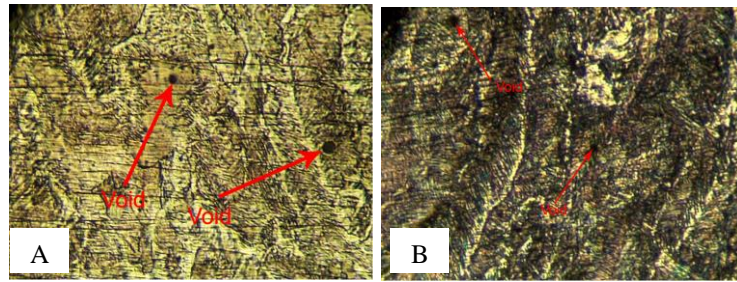
#### Pengelasan di dalam air tawar dan laut



Gambar 6 a) Cacat pengelasan pengelasan di air tawar b) Daerah pengelasan di air tawar

Gambar 6 menunjukkan daerah pengelasan dalam air tawar, untuk daerah pengelasan air laut tidak jauh berbeda dengan pengelasan di dalam air tawar. Gambar 6 a) Menunjukkan cacat pengelasan yang berupa *slag inclusion* atau terperangkapnya terak pada logam lasan (Sonawan & Suratman, 2003) Terak terbentuk selama proses pengelasan akibat reaksi kimia lapisan elektroda yang mencair, serta terdiri dari oksida logam dari senyawa lain. Karena kerapatan terak lebih kecil dari logam las yang mencair, terak biasanya berada pada permukaan dan dapat dihilangkan dengan mudah setelah dingin, namun pendinginan sambungan yang terlalu cepat dapat menjebak terak sebelum naik kepermukaan.





Gambar 7 a) *Gas Porosity* pada pengelasan air laut b) *Gas porosity* pada pengelasan air tawar

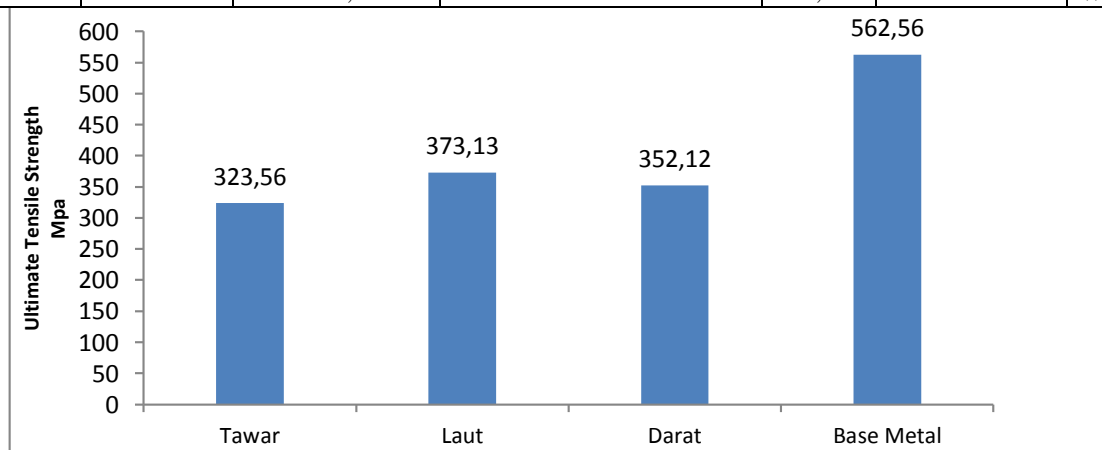
Gambar 7 menunjukkan cacat las yaitu *gas porosity* atau lubang yang terjadi karena gas terperangkap di dalamnya, cacat pengelasan seperti ini kemungkinannya menjadi besar saat pengelasan dibawah air menurut (Yasuo & Atsushi, 1986) Porositas terjadi bila rongga-rongga gas yang kecil terperangkap selama proses pendinginan. porositas pada pengelasan di dalam air terbentuk dari gas hidrogen atau uap air atau karbon Monoksida.

### 3.4 Pengujian Tarik

Tujuan dilakukannya pengujian tegangan tarik adalah untuk mengetahui kekuatan sambungan hasil pengelasan saat menahan beban yang diberikan. Pengujian tarik menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* milik Laboratorium Material Universitas sebelas maret Surakarta. Pengujian menggunakan standar AWS B4.0, dimana spesimen dibuat menggunakan mesin milling dan gerinda.

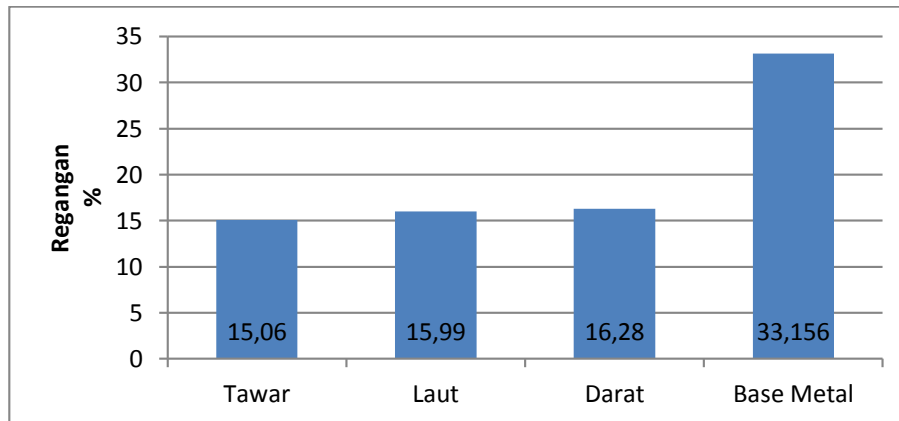
Tabel 5 Hasil Pengujian Tarik

Lokasi pengelasan	No Spesimen	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Rata-rata Ultimate Tensile Strength (MPa)	Strain (%)	Rata-rata Strain (%)	Lokasi Patahan
Air tawar	1	281,11	323.56	13,3	15,06	Weld nugget
	2	357,71		15,17		Weld nugget
	3	331,86		16,71		Weld nugget
Air Laut	4	418,47	373,13	15,67	15,99	Weld nugget
	5	376,06		19		Weld nugget
	6	324,87		13,3		Weld nugget
Darat	7	382,49	352.12	16,66	16.28	Weld nugget
	8	258,17		13,85		Weld nugget
	9	415,7		18,32		Weld nugget



Gambar 8 Grafik Perbandingan *Ultimate Tensile Strength*

Pengelasan di dalam air laut mempunyai tegangan tarik maksimum paling tinggi sebesar 373,13 MPa dari semua pengelasan. Pengelasan di dalam air tawar mempunyai tegangan tarik maksimum paling rendah yaitu sebesar 323,56 MPa. Pengelasan darat mempunyai tegangan maksimum diantara pengelasan di dalam air tawar dan pengelasan air laut sebesar 352,12 MPa

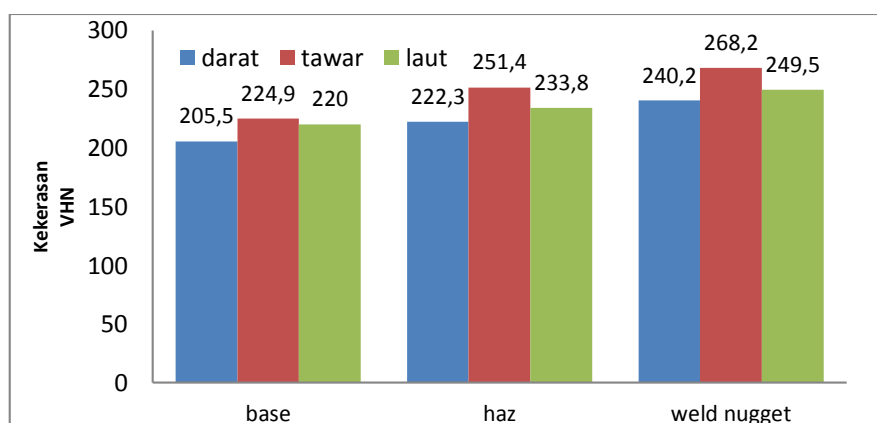


Gambar 9 Grafik perbandingan regangan

Grafik regangan di atas menunjukkan nilai regangan pada pengelasan di dalam air tawar , air laut, dan di darat dengan regangan paling tinggi pada pengelasan di darat sebesar 16.28 % dan regangan paling rendah pada pengelasan di dalam air tawar sebesar 15.06 %, sedangkan regangan pada pengelasan di dalam air laut berada diantara pengelasan di dalam air tawar dan di darat yaitu sebesar 15.99 %. menurut (Supriadi, 2009) Pengelasan di dalam air laut kekuatan tariknya menjadi lebih tinggi dari pengelasan darat dikarenakan ada unsur penguat yaitu garam (NaCl) namun regangan lebih rendah dari pengelasan darat.

### 3.5 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji *micro vicker machine* milik laboratorium Universitas Sebelas Maret dengan menggunakan parameter : Beban yang digunakan sebesar 200gf, Jarak tiap titik uji 2,5 mm ,Waktu tahan selama 10 detik pengujian ini menggunakan standar ASTM E384 untuk proses pengujian.



Gambar 10 Grafik Perbandingan kekerasan rata rata



pendinginan yang lebih cepat dari pada pengelasan di darat dan tidak ada unsur penguat seperti pada pengelasan di dalam air laut. (Haryadi, 2007) mengungkapkan bahwa pada media air tawar nilai kekerasan yang lebih tinggi sebesar 244,9 VHN dibandingkan dengan pengelasan media air laut sebesar 225,5 VHN. Area *HAZ* mempunyai rata rata kekasaran tertinggi pada pengelasan air tawar sebesar 251,4 VHN dan yang terendah pada pengelasan darat sebesar 222,3 VHN. Area *base metal* mempunyai rata rata kekasaran tertinggi pada pengelasan air tawar sebesar 205,5 VHN dan yang terendah pada pengelasan di darat sebesar 205,5 VHN.

#### **4. PENUTUP**

##### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Pengelasan baja ST 37 di dalam air laut mempunyai kekuatan tarik paling tinggi tetapi regangannya sedang yaitu sebesar 373,13 MPa untuk tegangan tarik dan 15,99 % untuk regangannya. Pengelasan baja ST 37 di dalam air tawar mempunyai kekuatan tarik paling rendah dengan regangan yang rendah pula yaitu sebesar 323,56 MPa untuk tegangan tarik dan 15.06 % untuk regangannya. Pengelasan baja ST 37 di darat mempunyai kekuatan tarik menengah tetapi regangannya paling tinggi yaitu sebesar 352,12 MPa untuk tegangan tarik dan 16,28 % untuk regangannya.
2. Kekerasan paling tinggi pada pengelasan di dalam air tawar dengan nilai kekerasan 268.2 VHN. Pengelasan di dalam air laut mempunyai kekerasan menengah dengan nilai kekerasan 249,56 VHN. Kekerasan paling rendah pada pengelasan darat dengan nilai kekerasan 184,3 VHN
3. Struktur mikro pengelasan darat pada daerah *HAZ* dan *weld nugget* mempunyai butiran paling besar dari pada pengelasan di dalam air laut dan air tawar, sedangkan pengelasan di dalam air tawar pada daerah *HAZ* struktur mikronya paling kasar dan *weld nugget* nya mempunyai struktur paling kecil

##### **4.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian pengelasan SMAW di darat, di dalam air laut, di dalam air tawar , penulis menyarankan beberapa hal antara lain:

1. Pengecekan hasil lasan mengenai ada tidaknya Retakan (*crack*) yang terlihat
2. Penggunaan alat akan sangat membantu saat pengelasan dalam air tawar maupun laut.
3. Pencatatan kecepatan pengelasan sangat penting karena mempengaruhi sambungan las.

##### **4.3 Penelitian Selanjutnya**

1. Melakukan penelitian tentang retakan beku (*solidification crack*) pada pengelasan di dalam air.
2. Melakukan penelitian tentang korosi pada pengelasan dalam air dengan bahan ST 37.

3. Melakukan penelitian tentang bagaimana cara memperbaiki retakan yang terlihat atau pun tidak pada sambungan las di dalam air

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- American Welding Society. (2004). *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding Specification for Carbon Steel Electrodes for*, AWS A5.1/A5.1M:2004.
- Chen, X., Kitane, Y., & Itoh, Y. (2013). *Mechanical Properties of Fillet Weld Joints by Underwater Wet Welding in Repairing Corrosion-Damaged Offshore Steel Structures*.
- D.Rowe, M., Liu, S., & J., R. T. (2002). *The Effect of Ferro-Alloy Additions and Depth on the Quality of Underwater Wet Welds*.
- Fydrych, D., Rogalski, G., & Łabanowski, J. (2014). *Problems of Underwater Welding of Higher-Strength Low Alloy Steels*.
- Haryadi, G. D. (2007). *Analisa Kerusakan Hasil Pengelasan Bawah Air Pada Lambung Kapal Dengan Bahan Elektroda RB 26 Tersolasi*.
- Kou, S. (2003). *Metallurgy Second Edition Welding Metallurgy*. Wiley & Sons.
- Prihatmaja, A. (2016). *Analisa Kemampuan Tarik Plat Tailor Welded Blanks Dengan Ketebalan 0,7 MM Dan 1,5 MM Menggunakan Las Shielded Metal Arc Welding Pada Proses Cup Drawing*.
- Sadeghi, K. (2007). *An Overview of Design , Analysis , Construction and Installation of Offshore Petroleum Platforms Suitable for Cyprus Oil / Gas Fields*, 2(4), 1–16.
- Sonawan, H., & Suratman, R. (2003). *Pengantar untuk memahami proses Pegelasan Logam*. Bandung: Alfabeta.
- Supriadi. (2009). *Pengaruh pengelasan di darat dan dibawah permukaan laut terhadap sifat mekanis baja*.
- Yasuo, S., & Atsushi, H. (1986). *Porosity in Underwater*.